

Синтез магнитных нанокомпозитов на основе алюмосиликатов с различной структурой

Вячеслав Александр Сергеевич
аспирант

Факультет Наук о Материалах,
Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова
Ленинские горы, 119992, Москва, Россия
asv@inorg.chem.msu.ru

Целью данной работы является синтез магнитных наночастиц различного состава (Fe, Co, Ni, Fe-Co, Fe₂O₃) в полостях и порах алюмосиликатов различных составов и структур: цеолитов, мезопористых алюмосиликатов, глин. Полученные в ходе работы данные позволяют оценить влияние размерности (0D, 1D, 2D) и размеров (0.55-3 нм) полостей матрицы, состава и кислотных свойств, а так же условий внедрения и последующей модификации прекурсора на состав получаемых частиц и их физические свойства, в первую очередь магнитные. Применение алюмосиликатов в качестве матриц обусловлено в первую очередь богатым выбором различных структур, позволяющих направленно влиять на размер и форму наночастиц и, как следствие, проявляемые ими магнитные свойства. Кроме того, выбранные алюмосиликаты обладают высокой (от 200 м²) площадью поверхности, большим адсорбционным объемом, а так же катионной емкостью, зависящей от соотношения Al:Si. Данные свойства матриц позволяют варьировать способ внедрения металлсодержащих соединений, вследствие чего набор прекурсоров, пригодных для внедрения может быть существенно расширен.

В представленной работе были использованы алюмосиликаты, принципиально различающиеся по структуре: микропористые кристаллические алюмосиликаты (цеолиты Y, ZSM-5, Silicalite-1, морденит), мезопористые аморфные алюмосиликаты (Al-MCM-41 с различным содержанием алюминия и диаметром пор) и слоистые алюмосиликаты (глины каолинит и монтмориллонит). Внедрение металлов проводили как путем катионного обмена в водных растворах солей, так и пропиткой нейтральными комплексами (карбонилы металлов). Модификацию образцов прекурсор/матрицы проводили в токе водорода при различных температурах. Исследование полученных образцов методом ПЭМ, РФА и количественного химического анализа подтвердило образование металлсодержащих частиц в полостях матриц, в то время как данные магнитных исследований показали ферромагнитное поведение ($T_b > 300$ K) наночастиц, синтезированных в матрицах с системой одномерных полостей (ZSM-5, Al-MCM-41). Это может быть объяснено образованием нитевидных наночастиц, обладающих большей температурой блокировки и коэрцитивной силой, в каналах матриц, так как на образцах со сферическими полостями матриц данного эффекта не наблюдается (цеолит Y, $T_b < 10$ K). На образцах, проявляющих магнитные свойства при комнатной температуре, была исследована зависимость магнитных характеристик (H_c , M_s) от условий синтеза. Показано, что намагниченность насыщения в большинстве случаев растет при увеличении температур до определенного постоянного значения (полностью модифицированный прекурсор) или проходит через максимум (взаимодействие прекурсора с матрицей или темплатом). Зависимость коэрцитивной силы обычно имеет максимум при средних температурах отжига (Fe: 400-450 °C, Co: 300-325 °C), что связано с недостаточным для формирования нити количеством металла на низких температурах, а так же нарушением непрерывности нанонити вследствие внедрения металла в стенки матриц или выхода из пор на внешнюю поверхность матриц.